心理科学进展 2018, Vol. 26, No. 9, 1521–1534
Advances in Psychological Science DOI: 10.3724/SP.J.1042.2018.01521



·主编特邀(Editor-In-Chief Invited)·

**编者按**：人因学(Human Factors)在我国还是一门年轻的交叉学科，心理学等学科为人因学的应用和发展提供了理论和实验基础。如今，人因学在航空航天、计算技术、智能系统以及与老百姓日常生活密切相关的各种产品的设计开发中发挥着越来越重要的作用。该文两位作者，浙江大学心理科学研究中心兼职研究员、美国英特尔(Intel)公司 IT 人因工程中心研究员许为博士和浙江大学心理科学研究中心教授葛列众博士，均是中国人因学开拓者朱祖祥教授 80 年代的研究生，在过去的 30 年中两位作者分别在中国和美国两地从事人因学的科学实践。基于两位作者丰富的经验，本刊特邀请他们撰写该文。该文系统地介绍了人因学科发展的近况，就我国人因学科应该如何发展以及当前迫切需要解决的问题发表了有见识的建议，希望对从事人因学科研究和应用的同行有所启发，为我国人因学科的进一步发展而共同努力。

(本文责任编辑：李纾)

# 人因学发展的新取向

许 为 葛列众

(浙江大学 心理科学研究中心，杭州 310058)

**摘 要** 当前新技术、人机交互的新特征、社会和人的新需求给中国人因学(Human Factors)的进一步发展创造了一个有利时机。本文首先讨论和分析了一些具有代表性的开拓了人因学科研究深度和广度的新技术和新途径，包括神经人因学，认知工程，协同认知系统，社会技术系统；以及人因学科应用中的一些挑战和策略。然后，就进一步发展我国的人因学科，本文提出首先要解决的问题是建立多学科交叉的人因学科的科研教育体制，并在此基础上，注重理论创新，以创新设计为突破点，在智能系统、用户体验、航天航空和医疗健康等领域中优先发展和应用。当前迫切需要解决的是，建立完善的人因学科高校教育体系，建立完善的人因学科多学科交叉的科研体系，以及建立人因学科行业资质标准和设计标准体系。

**关键词** 人因学；人因工程；工效学；人机交互；用户体验
**分类号** B849

人因学(Human Factors)是一门以心理学、生理学、生物力学、人体测量、计算机科学、系统科学等多学科的科学原理和方法为基础的综合性交叉学科，致力于研究人-机-工作环境之间的关系，使得系统和产品的设计符合人的特点、能力、需求，从而使人能安全、高效、健康、舒适地从事各种活动。相近的学科有工效学或人类工效学(Ergonomics)、人因工程(Human Factors Engineering)、工程心理学(Engineering Psychology)、人机交互(Human-Machine/Computer Interaction, HCI)等。虽然研究的内容和范围各有侧重，但这些学科互为补充，分享研究和应用的目的(葛列众，李宏汀，王笃明, 2017)。在本文中为便于讨论，我们统称为人因学科。

当前人工智能、大数据、云计算、物联网、无人驾驶车、无人机、虚拟现实等技术带来了新一波的技术革命。这些新技术给人机交互带来自然性、智能化、普适化(Pervasive/Ubiquitous Computing)、虚拟化、隐式化(Implicit Human-Computer Interaction, IHCI)、生态化和社会性等特征。另外一方面，我国国际空间站、国家大飞机、先进武器装备升级、

收稿日期：2018-04-20
通信作者：许为, E-mail: weixu6@yahoo.com

中国制造 2025、中国人工智能 2.0 发展战略等一系列国家战略计划正在实施。全社会倡导的创新设计和体验经济正催生许多新产品、新模式和新业态。在这样的背景下，摆在我们面前的问题有两个：一是我国的人因学科应该如何发展？二是我国人因学科的发展当前迫切需要解决的问题是什么？为了解答这两个问题，本文中，我们首先介绍和分析了人因学科的发展现状，然后提出我们的想法。我们欢迎同行的指正，也希望我们的工作能够为我国人因学科的发展贡献我们的努力。

## 1 人因学科的新技术和新途径

基于人的认知信息加工理论的工程心理学是人因学科的基础理论(Wickens, Hollands, Banbury, & Parasuraman, 2012)。在过去的 20 多年间，许多人因学家尝试采用不同的途径来补充和丰富信息加工理论来进一步探索人因学科的技术和途径(Proctor & Vu, 2010)。这些探索从深度和广度上拓展了人因学科研究的新技术和新途径，其中，神经人因学、认知工程、协同认知系统和社会技术系统是典型的代表，已开始被广泛地应用在人因学研究和应用中，为人因学科在新一波技术革命中的研究和应用提供了新技术和新途径。

### 1.1 神经人因学

基于认知神经科学和脑电成像等测量技术，以 Raja Parasuraman 为代表的人因学家开辟了神经人因学(Neuroergonomics)的新途径(Parasuraman & Rizzo, 2006)。以往人因学通常注重在外在行为层面上开展对人在操作环境中的客观工作绩效和主观评价等方面的测量方法，而神经人因学则开辟一条新途径，通过有效的脑科学等技术的测量(例如, EEG、ERP、fMRI、fNIRS 等)和数据分析(信号特征提取及模式分类算法等)，能够深入到人的认知神经内部层面上开始了解在操作环境中人机交互时人的信息加工的神经机制。

首先，神经人因学为人因学的研究提供了新的途径以及更客观和更敏感测试指标。已有研究表明：EEG 和 ERP 等测试指标对心理负荷的变化敏感。也有研究表明，基于脑电成像等测量的指标可能比传统人因学基于绩效和主观评价的指标更敏感(Baldwin & Coyne, 2005)。

其次，利用人脑功能技术可以实现新的自然式人机交互方式，例如，脑机接口(BCI)提供了一种可根据不同情景下的人脑活动(例如诱发或自发 EEG)来操控计算机或设备的人机交互的新方式(Borghetti, Giametta, & Rusnock. 2017)。BCI 也为进一步的人机融合的探索研究提供了实验和技术基础(吴朝辉, 俞一鹏, 潘纲, 王跃明, 2014)。

另外，神经人因学加强了人因学的基础理论研究手段，有助于进一步探索复杂作业条件下人脑功能和认知加工的神经机制。例如，利用 fMRI 来探索空间导航与定位、神经激活与导航能力关联的神经生理机制；这些方面的深入研究可应用到特殊技能人才(例如航天员)的选拔和培训，并进一步了解认知和情感方面个体差异的遗传基因关联也可能为个性化人机交互设计提供帮助(Wickens et al., 2012; Parasuraman & Rizzo, 2006)。

### 1.2 认知工程

认知工程最初是由 Norman (1986)提出的，但具体的方法和工具则是近 20 年来经过许多人因学家的努力逐步发展形成的(Endsley, Hoffman, Kaber, & Roth, 2007)。认知工程强调将认知心理学/工程心理学的知识应用在人机系统的设计中。具有代表性的认知工程方法包括认知工作分析、认知计算建模和面向情景意识的设计。

#### 1.2.1 认知工作分析

不同于工程心理学的信息加工的角度，基于 James Gibson 的注重人与生态环境关系的生态心理学原理，Rasmussen 和 Vicente 提出了可为复杂社会技术系统开展定性分析建模并为人机交互设计服务的认知工作分析(Cognitive Work Analysis, CWA)方法体系(Rasmussen, Pejtersen, & Goodstein, 1994; Vicente, 1999; Naikar, 2017)。该体系注重于对整个复杂工作领域中影响人的目标导向和问题解决认知操作行为的各种工作领域内的制约条件(constraints)和属性特征(properties)的分析。CWA 倡导从工作领域分析、领域活动分析、策略分析、社会组织和协作分析、人的认知技能分析等 5 个维度对复杂工作领域的各种制约和属性特征开展分折建模,并且提供了相应的分析建模工具。

针对传统人因学科方法注重具体的用户作业、用户界面物理属性等的特点，CWA 则强调对全工作领域中各种制约条件和属性特征的分析，认为这些制约条件和属性特征决定了用户在该领域所有活动和行为的可能性，而对于用户的许多具体操作行为(尤其是解决问题等复杂操作)，设

计者是无法事先预测的, 因此在设计中只有充分考虑了所有的领域制约条件和属性特征, 设计才能有效地支持用户在复杂领域中全部的活动, 包括在无法预测的应急情景下解决问题的自适应决策操作行为, 从而提高系统的总体绩效和安全。CWA 倡导的生态用户界面设计(Ecological Interface Design, EID)为人因学提供了一种针对复杂领域的人机界面的设计方法(Burns & Hajdukiewicz, 2004; Bennett, 2017; Naikar, 2017; Xu, Dainoff, & Mark, 1999)。CWA 和 EID 已在航空、医疗、流程控制、核电站控制等领域得到了广泛的研究(Burns & Hajdukiewicz, 2004; Xu, 2007; Mcilroy & Stanton, 2015)。目前人因学的研究面对物联网、智能计算、智能医疗、网络安全、人机融合/协作等复杂领域, CWA 和 EID 可以从全工作领域的大视角为完整系统化的人因学科解决方案提供了一个途径。EID 还为复杂领域内的大数据信息视觉化设计提供一种建模工具以及信息视觉化的用户界面表征架构(Rouse, Pennock, Oghbaie, & Liu, 2017), 从而弥补了以往的人因学科在研究方法上的不足。

### 1.2.2　认知计算建模

认知计算建模采用基于人的认知模型的计算方法来定量地模拟计算人在操作和任务条件下的认知加工绩效, 为人因学在系统研发中提供一种评价和预测系统设计有效性的工具。针对传统人因学在系统开发流程后期才开展设计有效性的验证工作以及后期改进可能带来较大代价的“滞后效应”, 认知计算建模在开发早期能开展快速低成本的人因学设计验证工作, 从而提升了人因学在系统研发中的“发言权”, 尤其对一些复杂系统领域(例如, 航空、航天)的特殊具操作风险的任务和环境, 有效的认知模拟仿真试验更显出其价值。美国航空航天总署(NASA)在 2007 年启动了一项人因学认知计算建模研究项目(Foyle & Hooey, 2007)。该项目采用各种常见的模型(ACT-R、MIDAS、D-OMAR、A-SA), 对飞机跑道滑行和进场/着陆作业中飞行员的人误、心理负荷、注意, 情景意识等方面进行模拟分析。结果表明, 各模型都达到了一定的预期效果, 但有效性并不一致。同时该研究也对今后的建模工作提出了改进意见。

在模型开发方面, 大多数现有建模采纳产生式(例如, ACT-R)、排列网络(例如, QN)等模型。已有研究尝试整合 QN 和 ACT-R, 将新整合的 QN-ACTR 用于模拟动态复杂多任务中人的绩效, 其结果改进了以往采用单一模型的结果(Cao & Liu, 2013)。当前人工智能计算技术的发展为认知计算建模发展提供了良好的机遇。研究可计算的人的绩效模型可为智能系统提供实时的自适应人机交互; 研究智能系统产品研发中的情感计算建模以及普适计算中的社会交互建模可以扩展现有模型中对认知加工建模的深度和广度。当认知计算建模与其他现有人因学建模(例如, 人体测量和生物力学建模等)整合, 将为一些复杂领域中(例如,航空、航天)的特殊具操作风险的任务和环境开展有效的模拟仿真试验, 从而为系统设计的计算建模提供人因学方案。

### 1.2.3　面向情景意识的设计

Endsley (1995)系统地提出了最具代表性的基于认知信息加工三水平模型的情景意识(Situation Awareness, SA)理论。该理论强调 SA 是在一定的时间和空间条件下人对当前操作环境信息(包括来自外界物理环境、操作的系统设备以及其他团队成员)的感知、理解、对未来状态的预测。这种基于结构化认知加工过程的方法为人因学在人机交互的分析、设计和测评提供了一条清晰的思路以及有效的方法和工具。传统人因学注重操作员用户心理结构(mental construct) (例如, 用户心理模型)在系统设计中的作用, 但是心理模型是用户通常经过长期学习所形成的相对稳定的一种心理结构。随着复杂技术系统的广泛应用, 人们在动态操作环境中从事认知特性不断增加的实时动态监控和决策操作任务, 而 SA 则强调依赖用户对动态变化环境中快速实时更新的心理结构表征来支持瞬间(moment-to-moment)决策和绩效, 因此, SA 开辟了一种新的研究途径和解决方案。SA 的贡献首先体现并应用在航空领域。例如, 对航空飞行事故中的人误的 SA 分析研究(Endsley, 2000); 飞机驾驶舱中人–自动化交互作用的研究(许为, 2003)。目前, SA 已被扩展应用到航天、军事、医疗、过程控制等领域(Lundberg, 2015; Schulz, Endsley, Kochs, Gelb, & Wagner, 2013)。

Endsley 和 Jones (2012)进一步提出了基于“以用户为中心设计”的一个成熟的面向 SA 设计的体系框架(SA-Oriented Design)。该框架包括了一整套在系统开发中可具体操作的方法、流程和工具, 其中, 包括 SA 需求定义、SA 设计原则、SA 测评、

SA 导向的培训等，为人因学在系统开发中提供了一套系统化、实用的方法和流程。SA 在新一波技术应用中可为人因学提供一种有效的方法。例如，在大数据的视觉化显示、人-自动化交互和人-机器人交互中的自动化意识、无人驾驶车、无人机避撞、网络安全监控、普适计算中的隐式人机交互以及其他智能系统的人机交互设计等各个领域中，SA 的研究有待进一步的开展。另外，SA 强调依赖用户瞬间更新的对动态变化环境的表征来支持快速实时的决策和绩效，今后如果能解决实时精确的 SA 测量问题，SA 的这种思路将有助于实时自适应人机交互的设计。

### 1.3 协同认知系统

在人因学的发展进程中，人因学研究的侧重点从最初的“人适应机器”到“机器适应于人”，再到广义的人机交互，或称为人-计算机交互(Human-Computer Interaction, HCI)，如今正呈现出逐步向人机融合(Human-Computer Integration/Merger)的方向发展(Farooq & Grudin, 2016)。在传统的人机交互中，人与机器(包括一般机器或基于计算技术的产品)之间的交互关系基本上是一种“刺激-反应”的关系，即两者间的“反应”基本上按顺序地取决于另一方的“刺激” (输入或输出)。这种交互关系从最初的机械式人机界面到数字式人机界面再到如今的自然式人机界面在本质上没有变化。

在人机融合中，人和机器的关系则是合作的关系(Farooq & Grudin, 2016)。这种合作表现在以人脑为代表的生物智能(认知加工能力等)和以计算技术为代表的机器智能(人工智能等)通过深度的融合来达到智能互补。人机交互与人机融合形成了一个连续体的两端。随着智能技术的发展，人机关系将继续向人机融合端演化，各种具有不同智能程度的产品在这样一个连续体内共存。按照 Hollnagel 和 Woods (2005)提出的理论，人机融合就是通过人和机器两个认知主体，互相依存和合作组成的协同认知系统(Joint Cognitive Systems, JCS)。

人机融合的应用至少可表现在两方面。一方面，在“机器+人”的融合智能系统、“机器+人+网络+物”式的复杂智能物联网系统(例如智能工厂，智能城市等)中，通过智能融合，达到高效的协同式人机关系。可以认为，今后的智能社会将由大量的不同规模的协同认知系统组成。借助于人工智能、感应、控制等技术，机器已不再是以“刺激-反应”的方式为人服务的工具，它们具有一定的感知、推理、学习、决策能力，与人类协同工作和生活。另一方面，基于脑机接口(BCI)技术，可开发出综合利用生物(包括人类和非人类生物体)和机器能力的脑机融合系统，为残疾人开发的神经康复服务和动物机器人系统就是脑机融合的应用实例(吴朝辉等, 2014)。

智能时代人机融合将促使人因学对现有的人机关系理论的再思考。JCS 理论可能是一个具有建设性的理论框架，可以为这方面的深入研究提供一种新思路。目前有关人机融合的基础理论问题的进一步的探索可能会带来对现有人因学方法和人机关系理论创建的突破。

### 1.4 社会技术系统

人因学强调在特定的环境中研究人机系统，以达到最佳的人-机-环境匹配。目前人因学研究所考虑的环境通常是物理环境(照明、噪声、振动、温度、微重力等)。基于社会技术系统理论的宏观工效学(Macroergonomics)提倡在社会技术系统(Sociotechnical Systems)的环境中设计整个工作系统，其主要侧重于如何优化组织和管理等因素与技术的交互作用(Hendrick & Kleiner, 2002)。

近年来，人因学科研究开始将社会技术系统理论应用在健康医疗和计算系统安全等复杂领域的研究和系统开发中(Carayon, 2006; Stedmon, Richards, Frumkin, & Fussey, 2016)。该理论带给人因学的一个重要启示是，作为一门应用性学科，人因学科的研究不能局限于在实验室内闭门造车，需要在社会技术系统的大环境中充分考虑影响人因学解决方案的所有因素。

如今，人因学科目前所面对的研究对象是比以往任何时候更复杂的人-机-环境系统，例如，融合人工智能、大数据、云计算、物联网等技术的智慧城市、智慧交通、智能制造、智能/精准医疗等。随着人机关系的演化所呈现出的一系列人机交互新特征(例如，普适化、生态化和社会性)，必将促使人因学在更广阔的社会技术系统的大环境中开展研究，充分考虑人的各种需求(用户隐私、法律和伦理、决策权、技能成长等)，超越以往仅注重用户界面交互设计的点方案(Point Solution)，而应该追求端到端(End to End)的人因学科的整体解决方案。

## 2　人因学科应用的挑战和策略

作为一门应用学科，人因学科必须能在应用中帮助解决社会的实际问题。否则的话，人因学科的新技术和新途径将失去其价值，也不利于推动人因学学科的发展和对社会的影响力。作为一门年青的交叉学科，人因学科在应用中的影响力一直是人因学界的挑战。国际工效学会(IEA)2010年就工效学(人因学)的影响力和学科未来发展问题专门成立一个策略委员会来研究对策(Dul et al., 2012)。美国人因和工效学会(HFES) 2000~2001年度主席 William Howell (2001)认为人因学的目标是建立一个“工效化”的世界(an ergonomically correct world)，并提出以“分享理念”模型与其他学科共同分享人因学的理念。Howell 观察到在美国，人因学科所提导的“以用户为中心设计”和“用户体验设计”等理念已被其它学科(例如，工业设计，心理学，社会学，计算机科学)认可、分享，并且正付诸于实践。正是在这样的背景下，经过多年的发展，美国已建立起一整套相对成熟的跨学科的协作科研体系、专业资格认证体系、设计技术标准体系以及人才培养体系，从而大致形成了一个有效的策略来应对人因学科应用中的挑战。

### 2.1　美国跨学科的协作科研体系

目前，针对交叉学科的特点，美国已初步建立了一个跨行业(院校和企业)、多层次(政府和企业)、基于交叉学科(行为科学和工程技术)的多层次人因学科科研体系。HFES 2016~2017 年度主席 Cooke (2017)很好地总结了人因学科成功的三大要素：(1)找准所要解决问题的切入点(从学科特点人的因素角度出发)；(2)采用系统的思维和方法(从人–机–环境的角度出发)；(3)与其他学科协同合作(由人因学交叉学科的特点决定)。

首先，在政府层面上，美国国家科学基金会(NSF)，美国国防部(DoD)，美国航空航天局(NASA)等机构为政府科研机构、高校、企业等研发部门提供了一定数量的人因学科的科研基金。HFES 也主动与政府机构沟通争取科研基金。例如，HFES 积极回应美国国家科学基金会(NSF)2018~2022 策略计划征求意见稿，表达了人因学科能为计划中提到的“人类技术前沿” (包括人工智能、机器人、大数据、无人驾驶车等)作出重要贡献(HFES, 2016)。

其次，在具有人因学科硕士和博士授予权的美国 70 余所大学中，都建立了相应的人因学科研究机构或实验室。这些机构分别设在心理学或其他非心理学的工程技术类院系。从事研究的教授和研究生来自不同专业的。许多院校还设置了企业–高校联合实验室。

最后，来自人因学科的毕业生为企业的研究和应用提供了大量的人才。以美国股票道琼斯工业指数中的代表美国工业的 30 家大公司为例，所有的公司都设有人因学科类的部门和岗位。其中，服务行业的公司中人因学科的工作主要侧重于对公司产品和服务的用户体验的研发；而高科技企业(例如，IBM，微软，苹果，英特尔，波音)都有人因学科的研究机构，侧重在人因工程和人机交互(HCI)方面的研究，从而为新技术的应用提供人因学科的解决方案。

### 2.2　美国专业资格认证

作为一门交叉学科，人因学科在岗人员的知识结构、经验、能力参差不齐，需要一个考核评价机制和行业准入制度。1992 年 HFES 成立了美国工效专业认证委员会来组织实施人因学科的专业认证制度(BCPE, 2018)。美国人因学科专业资格分为专业级及准专业级两大类。专业级别的认证类型包括注册专业工效学家、注册专业人因专家、注册专业用户体验专家。截止 2018 年 1 月份，BCPE 已发放 1132 份专业级认证资格证书和 197 份准专业级资格证书。

取得专业级资格证书的要求包括：(1)教育背景，本科学位或以上，完成与人因学科相关的 24 个学分课程；(2)工作经验，至少相当于 3 年的与人因学科相关的全职工作；(3)工作样本，在分析、设计和测试三个方面各提供两份工作样本；(4)通过 BCPE 统一命卷的专业资格考试。该考试每年举办两次，考试的内容包括人因学科各方面的知识。

### 2.3　人因学科的标准体系

作为应用学科，人因学科的标准为参与系统和产品设计提供了一个有效的手段。人因学科的标准包括各类经过人因学科科学实验验证的围绕人–机–环境系统的人因工程设计、测试、流程等方面的的规范要求。人因学科的标准体系是一个金字塔式的多层次模型，自上而下，各层面之间体现了指导性、继承性和一致性的关系。

标准体系的最高层面是国际标准化组织(ISO)工效学技术委员会(ISO TC 159)下面 4 个分技术

委员会颁布的 143 部人因学科的技术标准。HFES 积极参与 ISO 人因学科标准的开发。一方面, HFES 为 ISO TC 159 每个分技术委员会派驻了美国技术咨询专家委员会(U.S.TAG); 另一方面, HFES 委派美国专家代表直接参与 ISO 各种标准的开发和起草工作。

**表 1　ISO 人与系统交互作用的工效学技术委员会(ISO TC 159)标准开发统计**

| ISO TC159 分技术委员会 | 已颁布标准数 | 正开发标准数 |
|---|---|---|
| S1 - 一般工效学准则 | 6 | 1 |
| S3 - 人体测量和生物力学 | 24 | 1 |
| S4 - 人与系统交互作用的工效学 | 68 | 19 |
| S5 - 物理环境的工效学 | 33 | 5 |
| 总数 | 134 | 26 |

第二个层面是美国人因学科的国家标准。包括已颁布近 40 部人因学科的政府标准(美国航空航天局/NASA, 国防部/DoD, 美国航空总署/FAA 等标准), 以及非政府标准(HFES, 美国国家标准院/ANSI 等标准)。其中, HFES 目前已颁布了三个标准, 包括计算机工作站人因工程标准、软件用户界面设计人因工程标准、产品设计人体测量设计的指导准则。

第三个层面是各行业、企业的人因学科标准。这些标准具体规范了某个领域产品设计的人因学科技术要求、标准的具体流程和方法。例如, 波音公司颁布了许多有关波音飞机驾驶舱中人机界面设计的规范要求, 微软公司颁布了详细的各类微软软件产品人机界面设计的规范要求。

### 2.4　美国人因学科的高校教育制度

目前, 在美国高校已建立起相对完整的人因学科教育体系, 造就了大量高素质的人才。全美国有约 90 所大学可以授予人因学科(包括人因学, 人因工程, 人机交互, 工程心理学, 用户体验等)的学位(见表 2), 其中得到 HFES 认证的可授予硕士和博士学位的院校有 20 所(HFES, 2018)。HFES 认证强调对硕士和博士学位点的要求, 并有严格的认证评价程序。认证要求包括师资力量、课程设计、研究项目和实验室设备等。

针对人因学科的特点, 这种教育体系体现出交叉学科的特征。在以上的院校中, 其中心理学系和工业工程、系统工程、计算机以及设计类的

**表 2　可授予人因学科专业类学位的美国大学统计**

| 学位类别 | HFES 认证的大学数 | 非 HFES 认证的大学数 | 总数 |
|---|---|---|---|
| 博士学位(包括硕士学位) | 17 | 41 | 58 |
| 硕士学位 | 3 | 11 | 14 |
| 本科学位 | 不论证 | 17 | 17 |
| 小结 | 20 | 69 | 89 |

系约各占一半。研究生的录取强调不同学科间的交叉融合, 特别鼓励跨学科的本科生报考。美国人因学科的高校教育体系采用了“学位 + 副修 + 课程”的模型。许多大学允许本科生将人因学科作为副修, 在行为科学、计算机、设计、工程等专业开设人因学科的本科生和硕士生课程已成为常态。

## 3　我国人因学科发展的新取向

我国人因学科起始于 20 世纪 30 年代, 以陈立先生出版的《工业心理学概观》一书以及所开展的工作选择和工作环境工效等研究为标志(陈立, 1935)。从 20 世纪 50 年代至 60 年代中期是人因学科的起步建设期, 70 年代后期至 80 年代末, 开始了文革后的恢复建设期。90 年代起, 我国的人因学科进入快速成长期(葛列众等, 2017)。

近 10 年来, 人因学科研究和应用扩展到国际空间站的工效需求和测评、民用大飞机驾驶舱人因学设计和适航认证、智能交互显示、核电站人机交互中的工效和可靠性设计、认知建模和医疗人因设计等各个领域(陈迎春, 2013; 陈善广, 姜国华, 王春慧, 2015; 毛茅, 张宇博, 饶培伦, 2015; 许为, 陈勇, 2013; 曹石, 秦裕林, 沈模卫, 2013; 张丽川, 李宏汀, 葛列众, 2009; 薛澄岐, 2015; 李鹏程, 张力, 戴立操, 蒋建军, 罗迪凡, 2016)。

我们认为在当前新技术、新的社会和人的需求的继续推动下, 我国人因学科首先要解决的问题是多学科交叉的科研体制的建立, 并在此基础上, 注重理论创新, 以创新设计为突破点, 在智能系统、用户体验、航天航空和医疗健康等领域中优先发展和应用, 积极地参与到我国科技和经济发展中。

### 3.1　多学科交叉的科研体制

人因学科在应用中的影响力一直是国际人因学界关注的焦点。美国 HFES 2000~2001 年度主席 William Howell 提出的与其他学科共同分享人

因学的“分享理念”模型、国际工效学会(IEA)2010年就人因学的影响力发展问题专门成立的策略委员会、HFES 2016~2017年度主席Nancy Cooke强调的与其他学科协同合作的建议等充分表明国际人因学界在这方面的努力(Howell, 2001; Dul et al., 2012; Cooke, 2017)。作为HFES的行动计划, 在2016年会上HFES专门邀请了美国国家工程院(NAE)院长Dan Mote做主题发言, 并专题讨论了人因学如何为NAE提出的21世纪14个大挑战作贡献。正是在这样的背景下, 如上所述, 美国已初步建立了一个跨行业、多层次、基于交叉学科的人因学科科研体系。

我国当前新一波的技术革命、社会和人的新需求为人因学科的进一步发展提供了一个历史机遇。我国人因工程高峰论坛会在2016和2017年连续召开两届。这些都为我国人因学科体系的建立提供了独特有利的条件。我国人因学界需要考虑如何利用目前的有利氛围和所达成的共识, 付诸于具体的行动。

在当今新技术日新月异的时代, 各学科的边界也变得越来越模糊。Howell (2001)的分析也符合目前我国发展的趋势, 即人因学所倡导的理念正在被其他学科所推崇并付诸于实践, “分享理念”模型应该适合作为一种增强我国人因学学科影响力的策略。从学科的性质来讲, 人因学一般并不直接独立地开发具体有形的产品(流程、服务、业态创新等设计除外)。因此, 正如Cooke (2017)所建议的, 人因学要找准本学科能解决问题的切入点, 把握学科特点, 扬长避短; 采用系统的思维和方法来寻求解决问题的途径; 致力于多学科协同合作。

人因学科多学科交叉体系的建立, 首先应该考虑的是在一些重要的科研领域中, 人因学要与其它领域学科(例如, 计算机科学、航空、航天)合作提供人因学的解决方案, 在实践中建立多学科交叉的具体应用, 以体现多学科交叉在实践工作中的主要价值。航天航空作为我国人因学应用的重要领域, 在多学科交叉的科研体制建设中已经开展了一些初步的工作。例如, 我国载人航天系统的人-系统整合设计在组织和管理层面上已做了人因科学的规定, 包括载人航天器出厂放行需要通过工效学分系统的评价(陈善广等, 2015)。民用大飞机研发中正在初步形成一个相应的人因学人才、标准、流程、方法论的支持环境(许为, 陈勇, 2012)。另一方面, 人因学科应该与其他领域学科(例如, 工业设计、心理学、社会学、市场研究、交互设计)分享理念, 从人因学学科角度, 提供理论、流程、方法和工具上的支持, 从而为在体制上建立人因学科多学科交叉体系奠定基础。

人因学科多学科交叉体系的建立有许多具体的工作要做。学科之间如何建立彼此之间的合作是建立多学科交叉体系的第一步。在政府层面需要考虑的是如何在科研单位、院校和企业之间, 至上而下的进行相关的组织方面的工作。我们认为人因学科多学科交叉体系不仅有利于人因学科本身的发展, 也有助于推动我国整个科研技术水平的提高和国民经济的快速发展。

### 3.2 设计和创新

作为一门应用性学科, 人因学科必须面向应用。人因学倡导的“以用户为中心设计” (User-Centered Design, UCD)的理念一直冲击着传统的“以技术驱动设计”理念。创新设计和创新驱动发展是当前我国社会经济发展的热点和趋势。2018年全国两会期间, 全国政协委员叶友达教授向大会提交了《关于鼓励基于用户体验的设计创新, 加速科技创新成果转化的提案》, 建议加大对基于用户体验的设计创新的宣传力度, 建立全国或区域用户体验研究机构, 促进科技创新成果快速、高效落地。在这样的背景下, 我们认为, 与用户体验密切相关的人因学科引领创新设计和创新驱动是科技、社会发展的必然结果, 我国的人因学科应该在创新设计为突破口, 积极地参与到我国科技、经济发展中。

从学科性质方面来看, 基于UCD理念的人因学在创新设计方面具有独特的学科优势。Evans, Buckland 和 Lefer (2004)研究了美国两个世纪以来著名的53位创新者的创新过程(从电话到互联网搜索引擎)。结果表明, 所有的创新都经历了在实验室里开展对原始技术发明的研发, 然后商业推广, 最后形成了用户可用、会用、易用的产品的漫长过程。整个创新的过程本质上就是一种持续地将人的因素(用户要求、用户体验、使用场景等)和技术的不断调整达到最佳的人机匹配的过程, 使技术有用、易学、易用, 从而为人创造一种新体验的生活和工作方式。这样一个“大众化”和“实用性”创新过程本质上就是体验创新, 这正是

人因学的 UCD 理念所倡导的。因此，当前的创新实践也是提升人因学影响力的新机遇。

然而，人因学的引领和驱动作用在创新实践中并没有完全发挥出来，并且也遭到一些质疑。例如，Skibsted 和 Hansen (2011)曾质疑 UCD 理念对创新设计的价值，认为 UCD 理念会导致用户引领了创新过程，从而限制了独特创意的贡献。但是，正如 Kitson (2011)所指出的，UCD 理念并不是用户引领或驱动的理念，而应该是人因学专家(或其他 UCD 实践人员)将用户置于研发的中心位置，通过提炼和洞察用户需求，从用户行为和使用数据中发现或预测新的使用模型和交互方式，从而为创新设计服务而不是完全由用户来决定设计。

当前人因学引领创新设计至少可以通过以下几种途径来实现：(1)新用户需求和使用场景驱动式创新。采用人因学的行为科学研究方法和工具(例如，用户现场研究，大数据用户建模)开展用户研究，挖掘或预测潜在的(尚未发现)有价值的用户需求、使用场景、最佳用户体验着陆区，从而驱动创新产品功能需求和用户体验的定义，促成更多满足多元化不同人群和个性化产品的创新。(2)人机融合驱动的智能技术创新。开发人因学的人机融合和协同认知系统的理论，推动对以人的生物智能和以人工智能等为代表的机器智能通过深度的融合来达到智能互补，在信息感知、记忆、决策等多个层次相互配合，从而实现不同使用场景中具最佳人机智能组合的创新设计。(3)人机交互创新。人因学科对人机交互的研究可促进许多现有和新的交互技术的应用。基于新技术和通过人因学研究验证，发现新的人机交互通道(例如，基于脑电测量的人脑接口交互)；或利用已有的单通道人机交互组成高效的多通道交互(例如，视线交互与体感交互的组合，手臂肌电传感、加速信号与手势交互的组合)。(4)体验驱动的端到端整体解决方案创新。基于 UCD 理念和方法，在研发的全周期过程中优化用户体验生态链中所有交互接触点的设计，开发出体验驱动的差别化和创新的人因学端到端整体解决方案。此类创新的范围广泛并且突破了传统人因学的应用范围，除了产品设计上的体验创新，还包括基于体验驱动的创新型服务设计、商业新业态或新模式的人因学端到端整体解决方案。

综上所述，人因学可以利用自身学科的理念和方法通过体验驱动创新来引领创新设计。在现有理论和方法论的基础上，充分利用人因学科的新技术和新途径，为创新设计提供一整套系统化的指导理论、方法、工具。

### 3.3 人因学科理论的提升

随着人因学应用领域的扩大以及人机交互的新特征的出现，人因学需要理论创新和更新，开发基于人因学实验证据的设计理论，从而扩大对新技术产品研发的影响力。

现有人因学理论已不能满足解决新技术带来的人因学问题的需要。例如，人机融合中人和机器的合作关系开拓了人因学的研究思路，包括对现有人机功能分配、用户任务分析、人因测评和测评指标、人机系统理论的再思考。人因学科要开发人机融合和协同认知系统的基础理论，实现对现有人因学方法和人机关系理论创建的突破。普适计算中，人机交互必须考虑到人的认知加工的通道容量、资源分配等人的因素局限性问题，从而保证人的认知特征与以任务为导向的交互活动之间的最佳匹配。另外，充分理解隐式人机交互的人因学问题，包括隐式人机交互中的交互模式、认知特征、认知负荷测评和建模等。对于智能化系统的设计，人因学需要考虑如果针对人机社会交互中出现的新问题来提出人因学的解决方案，包括用户的隐私保护，自主决策权、伦理、技能成长等。

人因学要善于利用现有的成熟理论，更新和转化到新的应用领域。例如，飞机驾驶舱机载人−自动化交互(HAI)的人因学研究已取得许多成果，包括对自动化层次与绩效关系，自动化模式，自动化情景意识等(许卫, 2004)。然而，人因学对人−机器人交互(HRI)的研究是滞后于当前技术的发展的(Sheridan, 2016)。以往的 HRI 的研究主要注重于监控机器人(如工业流水线)和遥控机器人(如航天空间站)，人因学要加强对新类型机器人的研究，包括自动运输工具(如无人驾驶车、无人机)以及社会交互类机器人(如康复、娱乐、家居服务)；提供自动化信任、情景意识、人机交互、文化因素影响等方面的人因学设计理论。另外，人因学对飞机驾驶舱机载人机交互的研究也已取得许多成果，需要转化和更新到无人机的人机交互研发中。例如，借助情景意识设计和测评的技术来解

决无人机对环境感知和避撞的问题。在大型特殊用途无人机的人机交互设计方面，地面“飞行员”的监控作业既不同于传统飞机驾驶舱内的机载人机交互作业，也不同于传统地面计算机工作台上的监控作业，为支持跨区域飞行操作，地面飞行员的监控作业涉及跨“飞行员”和跨“飞行监控台”，如何优化此类无人机的人机交互、地面“飞行员”的情景意识、认知工作负荷、自动化监控等都对人因学的设计理论转化和更新提出了新要求(Hobbs & Lyall, 2016)。

人因学科开发基于实验证据的人机交互设计理论可为优化人机交互设计起作用，这对于新技术的应用尤其重要。自然用户界面(NUI)和多通道交互(MMI)是目前快速发展的领域，需要人因学设计理论的贡献。例如，在体感(手势)交互中，研究人的工作记忆容量，交互的自然性和文化特征等因素对交互有效性的影响(庞小月等, 2014); 如何利用加速计和肌电传感等多通道的余度信息来进一步提高手势交互的准确性。在虚拟现实人机交互方面，典型的虚拟现实综合症(VRISE)需要人因学的解决方案。人因学需要提供标准化的VRISE定义和测评方法理论(Rebelo, Noriega, Duarte, & Soares, 2012); 需要进一步研究虚拟和虚实混合环境中的人的空间知觉和认知能力以及局限性，为工程技术提供有指导意义的设计理论。另外，通过提供诸如视线交互和体感交互结合的多通道交互设计理论来改善 VRISE，从而提高人机交互有效性和用户沉浸感体验。

### 3.4 人因学科新技术应用

我国人因学在航天、军用飞机、工程心理学、人因可靠性等领域已展开许多研究和应用，对这些领域内今后发展的展望可参见相关的文献总结(陈善广等, 2015; 李鹏程等, 2016; 姚永杰, 刘秋红, 王庆敏, 史卫民, 2016; 孙向红, 吴昌旭, 张亮, 瞿炜娜, 2011)。我们认为，目前我国的人因科学首先应该在智能系统、用户体验、航天航空和医疗健康领域中优先发展和应用。

#### 3.4.1 智能系统

智能系统广义地是指基于人工智能等技术的带有智能特征的产品、服务、业态、产业,包括智能城市、智能家居、智能制造、智能医疗、智能物联网、无人驾驶车或无人机、机器人、虚拟现实、智能无人商店等等。目前，人工智能及智能技术已从学术牵引转向需求牵引，正在催生出许多基于智能技术的新产品、新模式、新业态。正如 10 多年前互联网技术的掀起带来的应用开发热潮，对于面向用户的智能系统,最后的赢家一定是重视人的因素和用户体验的产品。因此，智能系统给人因学的研究和应用带来了许多新的机遇。面对如此庞大的应用，我国的人因学科要找准切入点，根据本身学科特点，协同合作，提供人因学的解决方案。例如，作为差别化设计方案的情感计算(Affective Computing)是目前人工智能研究的热点之一(Jeon, 2017)。人因学可研究如何有效地借助面部识别、视觉追踪、上下文情景感知和用户生物感应等多通道输入来实现情感计算。近期的智能系统创新应重点考虑在以弱人工智能为主的智能产品，而不是片面追求大而全但技术和体验尚不成熟的强人工智能产品。此外，除了进一步开展对自适应用户界面的自适应方式、属性和算法等基础研究，以及智能化交互显示研究以外(葛列众, 孙梦丹, 王琦君, 2015; 郑燕, 王璟, 葛列众, 2015)，人因学可从多种途径考虑自适应人机交互环路中对人的绩效和认知加工状态的测量指标以及技术，包括采用神经人因学的脑电成像测量、情景意识测量、认知计算建模等方法，通过这些有效的测量和技术来来优化自适应智能技术的整体系统设计。

#### 3.4.2 用户体验

随着“体验经济”时代的到来，用户体验(User Experience, UX)正在中国各行各业形成一种共识，具备了独立的行业基础。2018 年全国两会期间，全国政协委员叶友达教授的提案，从国家层面启动基于用户体验的设计创新倡议，构建用户体验设计创新战略和行动纲领，意义重大。人因学和 UX 实践共同分享以用户人为中心设计的理念，UX 实践需要人因学的理论、基于实验证据的设计原则、方法论上的支持，同时也帮助提升人因学的影响力。我国的 UX 的实践现在已经走过了入门门槛低、侧重于一般消费者领域、多学科磨合的最初普及阶段，现在开始进入了实践的深水区阶段。针对下一波用户体验在深水区的实践，借助当前人因学科的新技术和新途径，人因学需要为 UX 的理论、方法、工具的提升提供学科上的支持(许为, 2017; Xu & Furie, 2016)。在工具方面，UX 实践需要更多有效的工具来帮助设计复杂的

人机交互系统。例如，认知工作分析、面向情景意识的设计、用户体验路线图、用户体验架构图、更为成熟的用户体验测试等(葛列众等, 2017; Xu, 2014)。在设计理论方面，要形成成熟的体验驱动创新理论和方法；开发和更新人机融合、协同认知系统、人−自动化交互、人−机器人交互等设计理论。在方法论方面，采用社会技术系统的人因学新途径来考虑端对端的整体 UX 的解决方案。

**3.4.3　航天航空**

我国的人因学科在航天航空领域得到了长足的发展，但是还有许多基础性的工作需要进一步的开展。在航天人因学研究方面，要利用人因学的新技术和新途径。例如，开展新型人机智能交互技术的研究，解决当前手势、眼动、脑机等的交互技术在航天特殊操作环境中的应用；神经人因学在航天员应激、作业负荷测评、培训和选拔中应用的研究；认知计算建模在航天人误机理、人误分析和预测模型的研究；情景意识在机载航天员与自动化交互的研究(陈善广等, 2015; 陈善广, 王春慧, 陈晓萍, 姜国华, 2015)。

我国人因学科在军用和民用航空领域的研究发展不均衡，作为新的领域，我们这里侧重讨论人因学民用航空的应用。受益于国家民用“大飞机”项目，针对大型民机的民用航空领域的人因学科研究应运而发展。首先，这方面基础性的工作包括明确定义驾驶舱人机交互的设计理念，以及制定企业人因工程设计标准。另外，要进一步地开发人因学工具，包括驾驶舱人因工程综合仿真和建模方法(陈迎春, 2013)、人误分析和预测建模等(许为, 陈勇, 2014)。近期，在设计方面，要将人因学的理念和方法整合到飞机研发的全周期流程中，并且在设计各节点上整合人因学的方法，实现人因工程测试和质量的控制。在适航认证方面，要开展对人因学适航认证和取证测试方法的研究。重点开展对 FAR25.1302 适航条款中有关人误、FAR25.1523 适航条款中有关最小机组人员工作量等与飞行员认知作业相关的适航条款的取证要求、方法、技术研究(许为, 陈勇, 2013)。从长远来看，要开展驾驶舱人机工效综合仿真与方法，新一代人机界面和交互的概念预先研究，机载智能系统和人−自动化交互的优化研究，文化对机载人机交互的影响，自由飞行管理和空中交通管制(ATC)对机载人机界面和飞行员认知工作负荷和情景意识的影响。另外，进一步开发驾驶舱人因学认知计算建模工作，机载人−机系统的安全性及其人误产生机制的研究，以及智能化人机交互的研备研究。人因学科的新技术和新途径有助于开展以上许多研究。

**3.4.4　医疗健康**

在医疗健康领域中，人因学的应用范围很广，主要的研究工作可以有：医疗仪器设备、手术室、ICU 内设备人机交互设计的研究，例如采用基于认知工作分析的生态界面设计(EID)来改进整個 ICU 室中对病人监控复杂系统的人机交互设计。在手术操作、诊断、检测、交流、配方配药等方面开展人误研究。新技术为人因学开拓了更广宽的应用空间，包括面向残疾人人脑接口的神经人因学研究、康复和残疾人的智能和服务机器人的人机融合研究、智能穿戴式健康类设备、智能和精准医疗研究。采用社会技术系统的人因学新途径来系统地洞察各用户(病人、临床医生、病理医生、医院管理、保险公司等)的需求，与各方面合作来找到端到端的整体用户体验的研究。

## 4　总结和展望

我国人因学开拓者朱祖祥教授(1995)在《人类工效学》创刊期的《中国人类工效学的回顾与展望》一文中，提出了我国人因学今后发展的 4 个重点：开展人因学基础研究，参与国家重大项目，积极与国际接轨，开展解决社会实际问题的应用研究。经过 20 多年的实践，我国人因学有了长足的发展，但这些建议仍然是我国人因学界应该继续努力的总方向。根据本文所分析和讨论的人因学发展的新取向，我们对我国人因学科当前迫切需要解决的问题提出以下一些建议。

**4.1　建立完善的人因学科高校教育体系**

目前我国高校人因学学科的建设是不完善的，无法满足新一波技术对人因学科人才队伍的需求。要加大对人因学科类专业教育的投入，当务之急要做的是开设人因学科的本科专业，增加博士硕士学位授予点。人因学科研究生的录取要强调不同学科间的交叉融合，特别鼓励跨学科的本科生报考。人因学科的高校教育体系要采用“学位 + 副修 + 课程”的模型。除了专门的学位点设置以外，允许本科生将人因学科作为副修。另外要在高校的相关专业中增加人因学科课程，如计

算机科学、工业设计、工程制造等领域。在人才培养方面, 鼓励跨学科研究生的培养, 打破专业间的壁垒, 注重培养学生跨学科、系统思维、创新、应用和合作的能力。

### 4.2　建立完善的各层面的产学研相结合的以交叉学科为基础的人因学科科研体系

要建立大学、科研单位和企业等各个层面的产学研相结合的以交叉学科为基础的科研体制。在政府层面需要在国家科技大项目、军民融合等项目中, 针对相关的重大研究问题专门为人因学科立项, 并鼓励科研单位、院校和企业之间以及跨学科的合作。在企业和院校间鼓励设置企业-高校联合实验室, 将院校研究直接有效地与应用对接, 在院校内部设置跨学科研究机构来开展跨学科研究。作为一门应用交叉性学科, 人因学科专业人员要积极参与到新一波技术的应用研究中, 从人因学科理念出发, 采用系统方法, 充分开展与其他学科的合作。同时, 深化神经人因学、认知工程、认知计算建模和协同认知系统等人因学科新技术的研究和推广。建立集科学探索(S)、技术创新(T)和产品研发(P)为一体的高效率创新研究体系, 全国各大学、科研单位和企事业同行一起为推动我国人因学科发展而努力。

### 4.3　建立人因学科行业资质标准和设计标准体系

参考美国 HFES 的人因学科的专业认证制, 在我国探索实行人因学科职业上岗资格认证和取证制度。同时, 我国要考虑设立对工程、产品、服务等业务开展人因学第三方认证服务。虽然, 2009 年, 全国人类工效学标准化技术委员会中国标准出版社第四室曾出版过人类工效学标准汇编(全国人类工效学标准化技术委员会, 中国标准出版社第四编辑室, 2009a, 2009b, 2009c), 但是, 我国还是要进一步建立起对应国际标准化组织(ISO)的国家、行业、企业的多层面人因学科工业标准和评价体系的体系, 开发急需领域中的国家、行业、企业各层面的人因学设计标准。完善监督制度, 将人因学设计入产品设计与评估的各个环节中。

## 参考文献


曹石, 秦裕林, 沈模卫. (2013). 驾驶经验与横向控制的 ACT-R 认知体系结构建模. *科学通报*, *58*(21), 2078-2086.

陈立. (1935). *工业心理学概观*. 北京: 商务印书馆.

陈善广, 姜国华, 王春慧. (2015). 航天人因工程研究进展. *载人航天, 21*(2), 95−105.

陈善广, 王春慧, 陈晓萍, 姜国华. (2015). 长期空间飞行中人的作业能力变化特性研究. *航天医学与医学工程, 28*(1), 1−10.

陈迎春. (2013). *民机驾驶舱人机工效综合仿真理论与方法研究*. 上海: 上海交通大学出版社.

葛列众, 孙梦丹, 王琦君. (2015). 视觉显示技术的新视角: 交互显示. *心理科学进展, 23*(4), 539−546.

葛列众, 李宏汀, 王笃明. (2017). *工程心理学*. 上海: 华东师范大学出版社.

李鹏程, 张力, 戴立操, 蒋建军, 罗迪凡. (2016). 核电厂操纵员的情景意识失误与预防控制研究. *原子能科学技术, 50*(2), 323−331.

毛茅, 张宇博, 饶培伦. (2015). 急诊室人的失误影响因素概述. *人类工效学, 21*(1), 61−65.

庞小月, 郭睿桢, 姚乃埌, 于佳林, 余诗贤, 王慈, 高在峰. (2014). 体感交互人因学研究回顾与展望. *应用心理学,* 20(3), 243−251.

全国人类工效学标准化技术委员会, 中国标准出版社第四编辑室. (2009a). *人类工效学标准汇编: 物理环境卷*. 北京: 中国标准出版社.

全国人类工效学标准化技术委员会, 中国标准出版社第四编辑室. (2009b). *人类工效学标准汇编: 一般性指导原则及人-系统交互卷*. 北京: 中国标准出版社.

全国人类工效学标准化技术委员会, 中国标准出版社第四编辑室. (2009c). *人类工效学标准汇编: 人体测量与生物力学卷*. 北京: 中国标准出版社.

孙向红, 吴昌旭, 张亮, 瞿炜娜. (2011). 工程心理学作用、地位和进展. *中国科学院院刊, 26*(6), 650−660.

吴朝辉, 俞一鹏, 潘纲, 王跃明. (2014). 脑机融合系统综述. *生命科学, 26*(6), 645−649.

许卫. (2004). 有关自动化飞机驾驶舱的人机工效学问题. *国际航空*, (5), 49−51.

许为. (2003). 自动化飞机驾驶舱中人-自动化系统交互作用的心理学研究. *心理科学, 26*(3), 523−524.

许为. (2017). 再论以用户为中心的设计: 新挑战和新机遇. *人类工效学, 23*(1), 82−86.

许为, 陈勇. (2012). 人机工效学在民用客机研发中应用的新进展及建议. *航空科学技术,* (6), 18−21.

许为, 陈勇. (2013). 民用客机人机工效学适航认证及对策. *民用飞机设计与研究,* (2), 24−30, 80.

许为, 陈勇. (2014). 从驾驶舱设计和适航来减少由设计引发的飞行员人为差错的挑战和途径. *民用飞机设计与研究,* (3), 5−11.

薛澄岐. (2015). *复杂信息系统人机交互数字界面设计方法及应用*. 南京: 东南大学出版社.

姚永杰, 刘秋红, 王庆敏, 史卫民. (2016). 舰载机航空人机工效研究的紧迫问题. *医学争鸣, 7*(1), 8−11.

张丽川, 李宏汀, 葛列众. (2009). Tobii 眼动仪在人机交互

中的应用. *人类工效学, 15*(2), 67−69.

郑燕, 王璟, 葛列众. (2015). 自适应用户界面研究综述. *航天医学与医学工程, 28*(2), 145−150.

Baldwin, C. L., & Coyne, J. (2005). Dissociable aspects of mental workload: Examinations of the P300 ERP component and performance assessments. *Psychologia,* 48, 102−119.

Bennett, K. B. (2017). Ecological interface design and system safety: One facet of Rasmussen's legacy. *Applied Ergonomics, 59*(2), 625−636.

BCPE. Board of Certification in Professional Ergonomics (BCPE). Retrieved April 3, 2018, from http://www.bcpe.org.

Borghetti, B, J., Giametta, J. J., & Rusnock. (2017). Assessing continuous operator workload with a hybrid scaffolded neuroergonomic modeling approach. *Human Factors, 59*(1), 134−146.

Burns, C. M., & Hajdukiewicz, J. (2004). *Ecological interface design*. London: CRC Press.

Cao, S., & Liu, Y. L. (2013). Queueing network-adaptive control of thought rational (QN-ACTR): An integrated cognitive architecture for modelling complex cognitive and multi-task performance. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation, 4*(1), 63–86.

Carayon, P. (2006). Human factors of complex sociotechnical systems. *Applied Ergonomics, 37*, 525–535.

Cooke, N. J. (2017). How can human factors/ergonomics take on the NAE grand challenges? Retrieved April 3, 2018, from https://www.hfes.org/Security/ContentPages/?Id=167.

Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., … van der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. *Ergonomics, 55*(4), 377−395.

Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors,* 37, 32–64.

Endsley, M. R. (2000). Errors in situation assessment: Implications for system design. In: P. E., Elzer, R. H. Ktuwe, & P. F. Boussoffara, (Eds.), *Human error and system design and management* (pp. 15–26). London: Springer.

Endsley, M. R. & Jones, D. G. (2012). *Designing for situation awareness: An approach to user-centered design* (2nd ed.). London: CRC Press.

Endsley, M. R., Hoffman, R., Kaber, D., & Roth, E. (2007). Cognitive engineering and decision making: An overview and future course. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 1*(1), 1–21.

Evans, H., Buckland, G., & Lefer, D. (2004). *They made America: From the steam engine to the search engine: Two centuries of innovators*. Boston: Little Brown.

Farooq, U., & Grudin, J. (2016). Human computer integration. *Interactions, 23*, 27−32.

Foyle, D. C., & Hooey, B. L. (2007). *Human performance modeling in aviation*. London: CRC Press.

Hendrick, H. W., & Kleiner, B. (2002). *Macroergonomics: Theory, methods, and applications*. London: CRC Press.

Hobbs, A. & Lyall, B. (2016). Human factors guidelines for unmanned aircraft systems. *Ergonomics in Design, 24*(3), 23−28.

Hollnagel, E., & Woods, D. D. (2005). *Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering.* London: CRC Press.

*Howell, W. C. (2001). The HF/E parade: A tale of two models. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 45*(1), 1−5.

Human Factors Ergonomics Society (HFES). (2016, Sept). *HFES comments on the national science foundation strategic plan*. Retrieved May 29, 2018, from http://cms.hfes.org/Cms/media/CmsImages/NSFComments.pdf

Human Factors and Ergonomics Society (HFES). (2018). *Directory of human factors/ergonomics graduate programs in the United States and Canada*. Retrieved April 3, 2018, from https://www.hfes.org/Security/ContentPages/?Id=132

Jeon, M. (2017). *Emotions and affect in human factors and human-computer interaction*. Amsterdam: Academic Press.

Kitson, L. (2011). User-led does not equal user-centered. *UX Magazine, 17*. Retrieved May 29, 2018, from https://uxmag.com/articles/user-led-does-not-equal-user-centered

Lundberg, J. (2015). Situation awareness systems, states and processes: A holistic framework. *Theoretical Issues in Ergonomics Science, 16*(5), 447−473.

Mcilroy, R. C., & Stanton, N. A. (2015). Ecological interface design two decades on: whatever happened to the SRK taxonomy? *IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 45*(2), 145−163.

Naikar, N. (2017). Cognitive work analysis: An influential legacy extending beyond human factors and engineering. *Applied Ergonomics, 59*, 528−540.

Norman, D. (1986). Cognitive engineering. In D. A. Norman & S. W. Draper (Eds.), *User centered system design*. Mahwah, NJ: Erlbaum

Parasuraman, R. & Rizzo, M. (2006). *Neuroergonomics: The brain at work*. Oxford: Oxford University Press.

Proctor, R. W., & Vu, K. P. U. (2010). Cumulative knowledge and progress in human factors. *Annual Review of Psychology, 61*, 623−651.

Rasmussen, J., Pejtersen, A. M., & Goodstein, L. P. (1994). *Cognitive systems engineering*. New York: Wiley.

Rouse, W. B., Pennock, P. J., Oghbaie, M., & Liu, C. (2017).

Interactive visualizations for decision support: Application of Rasmussen's abstraction-aggregation hierarchy. *Applied Ergonomics, 59*, 541−553.

Rebelo, F., Noriega, P., Duarte, E., & Soares, M. (2012). Using virtual reality to assess user experience. *Human Factors, 54*(6), 964−982.

Schulz, C. M., Endsley, M. R., Kochs, E. F., Gelb, A. W., & Wagner, K. J. (2013). Situation awareness in anesthesia: Concept and research. *Anesthesiology, 118*(3), 729–742.

Sheridan, T. B. (2016). Human-robot interaction: status and challenges. *Human Factors, 58*(4), 525–532.

Skibsted, J. M., & Hansen, R. B. (2011). User-led innovation can't create breakthroughs. *Harvard Business Review.* http://www.hbrchina.org/2014-05-08/2052.html, 2014-05-08.Stedmon, A., Richards, D., Frumkin, L., & Fussey, P. (2016). Human factors insecurity: User-centred and socio-technical perspectives. *Security Journal,* 29, 1–4.

Vicente, K. J. (1999). *Cognitive work analysis: Toward safe, productive, and healthy computer-based work*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Wickens, C. D., Hollands, J. G., Banbury, S., & Parasuraman, R. (2012). *Engineering psychology and human performance* (4th Ed.). Upper Saddle River, NJ: Psychology Press.

Xu, W., Dainoff, M. J., & Mark, L. S. (1999). Facilitate complex search tasks in hypertext by externalizing functional properties of a work domain. *International Journal of Human-Computer Interaction, 11*(3), 201−229.

Xu, W. (2007). Identifying problems and generating recommendations for enhancing complex systems: Applying the abstraction hierarchy framework as an analytical tool. *Human Factors, 49*(6), 975−994.

Xu, W. (2014). Enhanced ergonomics approaches for product design: A user experience ecosystem perspective and case studies. *Ergonomics, 57*(1), 34−51.

Xu, W. & Furie, D. (2016). Designing for unified experience: a new perspective and a case study. In Angelina. C. Sparks & N. Science (Eds.), *Ergonomics: Challenges, applications and new perspectives* (pp. 137−165). New York: Nova Science Publishers.

## New trends in human factors

XU Wei; GE Liezhong

(*Center for Psychological Sciences, Zhejiang University, Hangzhou* 310058, *China*)

**Abstract:** Emerging technologies, new features of human-computer interaction, and unique social and human needs have created a favorable opportunity for the further development of Human Factors and related disciplines in China. This paper first discusses and analyzes some representative new technologies and new approaches, including neuroergonomics, cognitive engineering, joint cognitive systems, and sociotechnical systems, that have expanded the depth and breadth of Human Factors and related fields of study. The paper then discusses the challenges and strategies in the applications of Human Factors and related disciplines. To further develop these academic fields in our country, this paper proposes three actions. The first action to take is to solve the problem of establishing an interdisciplinary research and education system. The second and third actions are to pay attention to innovations in Human Factors theories and take innovative design as the breakthrough point. Intelligent systems, user experience, space and aviation, and health care are the domains with high priority for research and application of Human Factors and related areas of study. At present, four urgent steps are necessary: (a) establish a fully developed higher education system, (b) organize an interdisciplinary research structure, (c) institute professional certification, and (d) develop a system for Human Factors design standards.

**Key words:** Human factors; human factors engineering; ergonomics; human-computer interaction; user experience

**作者简介：**许为，留美心理学博士和计算机科学硕士。现任美国英特尔(Intel)公司 IT 人因工程中心研究员，英特尔 IT 跨领域人因工程技术工作委员会主席，浙江大学心理科学研究中心兼职研究员，国际标准化组织(ISO)工效学技术委员会(TC159/SC4)美国专家组(TAG)成员，中国商飞上海飞机设计研究院海外

专家。自 80 年代中期以来，许为一直从事人因学的研究、设计和标准开发工作，主要研究方向为人机交互、航空人因工程和认知工程。曾在浙江大学(原杭州大学)心理学系从事人因学教学和航空人因学科研多年，获省部级科研奖 3 项；曾在美国波音飞机制造公司从事美国国家航空航天局(NASA)、波音 777/波音 737-NG/波音 767-ER 飞机驾驶舱等人因工程研究和设计工作多年；为中国商飞大飞机相关项目提供人因工程咨询；在美国英特尔公司从事计算技术领域人因工程研发。许为以第一作者身份在人因学重要期刊 Human Factors, Ergonomics, International Journal of Human Computer Interaction, 《心理学报》等上发表论文 20 余篇；许多研究、设计和标准成果已应用在国内外多种飞机机型和计算产品系统中；获多项人因工程设计奖；参与开发 10 多项国际 ISO、美国 ANSI/HFES、美国波音、国内航空部级人因工程技术标准；开发并拥有 8 项英特尔人因工程技术标准。